



## Accroissements en surface terrière dans des forêts semi-caducifoliées de Côte d'Ivoire

Jean-Louis Devineau

### ► To cite this version:

Jean-Louis Devineau. Accroissements en surface terrière dans des forêts semi-caducifoliées de Côte d'Ivoire. Comptes rendus de l'Académie des sciences. Série III, Sciences de la vie, 1989, 309, pp.423-428. hal-00464145

**HAL Id: hal-00464145**

**<https://hal.science/hal-00464145>**

Submitted on 16 Mar 2010

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## Accroissements en surface terrière dans des forêts semi-caducifoliées de Côte-d'Ivoire

Jean-Louis DEVINEAU

**Résumé** — La croissance en circonférence des arbres a été suivie pendant 5 à 9 ans dans les forêts de Lamto (5°02'W, 6°13'N) à l'aide de rubans dendromètres lus mensuellement. Les croissances annuelle et saisonnière de la surface terrière des peuplements ont été étudiées ainsi que l'influence relative des principaux facteurs climatiques pour la production de bois.

### Basal area increment in some semi-deciduous forests of Ivory Coast

**Abstract** — In Lamto forests (5°02'W, 6°13'N) girth growth of trees was monitored monthly with band dendrometers during 5 to 9 years. Annual and seasonal growth of stands basal area, as well as the relative importance of main climatic factors for wood production have been studied.

**Abridged English Version** — Mean annual rainfall at Lamto (5°02'W, 6°13'N) is 1,200 mm with a yearly bimodal pattern (Fig. 1). Lamto semi-deciduous forests are closely related to the "fire zone subtype" described in Ghana [2]. Mean basal area, for trees over 2 m high, is 24 m<sup>2</sup>/ha in zonal formations. However basal area reaches 32 to 38 m<sup>2</sup>/ha in gallery or swamp forests [3].

Girth growth of trees was studied in Lamto forests with Liming's dendrometers ([1], [4]). Every tree over 20 cm gbh was monitored monthly during 5 to 9 years in 7 forest stands. With these data the following relations have been calculated:

$$ST_i = ST_{c_i} + ST_{e_{i-1 \rightarrow i}}$$

where  $ST_i$  is basal area for trees more than 20 cm gbh at year  $i$ ,  $ST_{c_i}$  basal area of encircled trees at year  $i$ ,  $ST_{e_{i-1 \rightarrow i}}$  basal area of trees entering the 20 cm gbh class between years  $i-1$  and  $i$ ;

$$AN_{i-1 \rightarrow i} = ST_i - (ST_{i-1} - M_{i-1 \rightarrow i})$$

where  $AN_{i-1 \rightarrow i}$  is net annual increment between years  $i-1$  and  $i$  and  $M_{i-1 \rightarrow i}$  basal area of trees dead between years  $i-1$  and  $i$ ;

$$R = (AN_{i-1 \rightarrow i} / (ST_{i-1} - M_{i-1 \rightarrow i})) \times 100$$

where  $R$  is relative growth rate;

$$M = (M_{i-1 \rightarrow i} / ST_{i-1}) \times 100$$

where  $M$  is the rate of loss due to mortality.

The seasonal variations of stands basal area increment follows the climatic rhythm. However the rainfall deficit in august does not lead to a decrease in cambial activity (Fig. 2) which sustains the idea that at Lamto august is not biologically dry ([5], [6]).

Variations of annual basal area increment are high. For instance in a gallery forest (T 6), with a mean annual increment of  $0.51 \pm 0.18$  m<sup>2</sup>/ha/year, the growth of basal area was 0.20 m<sup>2</sup>/ha/year during 1980 and reached 0.74 m<sup>2</sup>/ha/year during 1974 which respectively correspond to 1 and 3.9% relative growth rate.

Annual increments are not only correlated with rainfall (Fig. 3). Indeed monthly amount of rainfall is not the only climatic factor determining basal area growth rates. The rains'

Note présentée par Raymond SCHNELL.

distribution and the evaporation rate are determinant, specially for extreme values. For example, high growth rates are more closely related to widely distributed rainfall, rather than to heavy precipitation, while trunk shrinkage occurs when evaporation rate is high. Moreover, climatic conditions and water deficit of previous months are also determinant (Fig. 4).

The variation between plots is wide and age dependent: the extreme values observed are  $0.82 \text{ m}^2/\text{ha}/\text{year}$  for a young forest and  $0.22 \text{ m}^2/\text{ha}/\text{year}$  for an old one, which respectively represent relative growth rates values of 8 and 1.3% (Table).

Annual losses due to mortality are very irregular as they are related to dead trees size. Their mean values vary from 0.4 to 2%. For a mature forest stand in which mortality balances increment, basal area turn over rate is  $1.3 \pm 0.3\%$ , with a 5% risk. In other stands basal area increases from the beginning to the end of the experiment and relative growth rate varies from 1.4 to 2.6% and even reaches 8% in a forest regrowth.

In Lamto forests basal area growth rate is similar to those observed in other African forests ([7], [8]). In conformity with Jordan theory ([12], [13]), this stands in contrast with the decrease in leaves production from low to high latitudes ([3], [8] to [11]).

However the high variability of wood production with stands characteristics and climatic fluctuations brings up the problem of comparing natural tropical forests. Several years' monitoring of stand growth and the study of community at steady state are required to record useful values.

I. INTRODUCTION. — La surface terrière d'un peuplement forestier est la somme de celles, mesurées de façon conventionnelle à 1,30 m de hauteur, de l'ensemble des arbres présents sur une superficie donnée. Elle est utilisée pour caractériser les peuplements forestiers car elle est directement liée au volume de bois sur pied et son accroissement est donc une mesure de la production de bois.

En forêt tropicale, où la méthode des cernes de croissance n'est pas utilisable, la croissance des arbres peut être étudiée grâce à des mesures périodiques de la circonférence ou du diamètre des troncs [1]. La croissance en circonférence des arbres de sept peuplements forestiers de Lamto a ainsi été suivie mensuellement durant plusieurs années, jusqu'à 9 ans sur certains sites.

II. MATÉRIEL ET MÉTHODES. — (a) *Caractéristiques des forêts étudiées.* — Le climat de la mosaïque forêt-savane où est implantée la station écologique de Lamto ( $5^{\circ}02'W$ ,  $6^{\circ}13'N$ ) est de type tropical de transition à deux saisons sèches dont la première dure généralement de décembre à février. Pendant la seconde, en août, l'humidité relative de l'air reste forte, même si l'affaissement pluviométrique est toujours net (fig. 1). Les précipitations, dont la moyenne est de 1 200 mm, sont par ailleurs très variables d'une année à l'autre : entre 1972 et 1981, la plus forte valeur, celle de 1979, a été supérieure de 45 % à la plus faible, celle de 1975 (fig. 3).

Les forêts semi-caducifoliées à *Celtis spp.* de Lamto sont apparentées à la forêt dense semi-décidue perturbée par les feux décrite au Ghana [2]. La surface terrière moyenne des formations matures est à Lamto de  $24 \text{ m}^2/\text{ha}$  pour les arbres et arbustes de plus de 2 m de haut. Elle est sensiblement supérieure dans les forêts galeries et dans les faciès forestiers les plus humides, où elle atteint 32 à  $38 \text{ m}^2/\text{ha}$  [3].

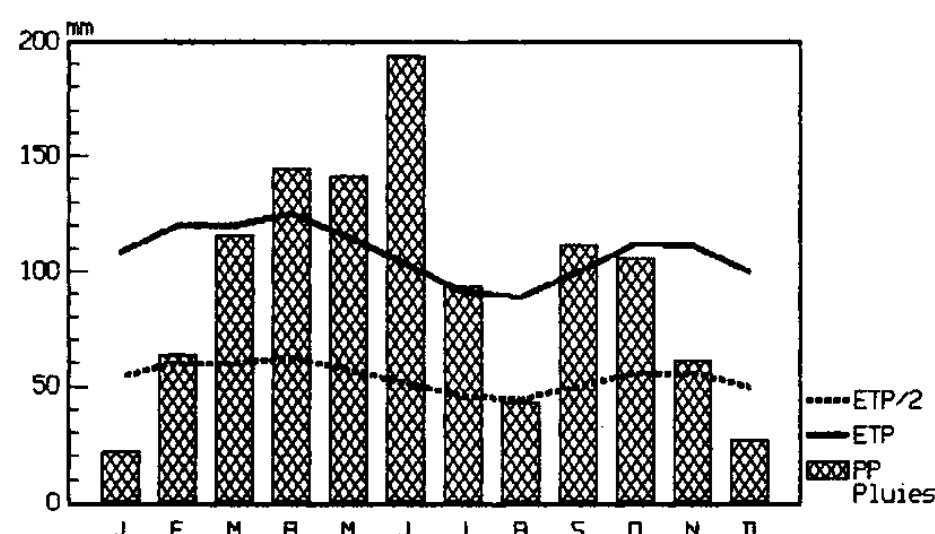


Fig. 1

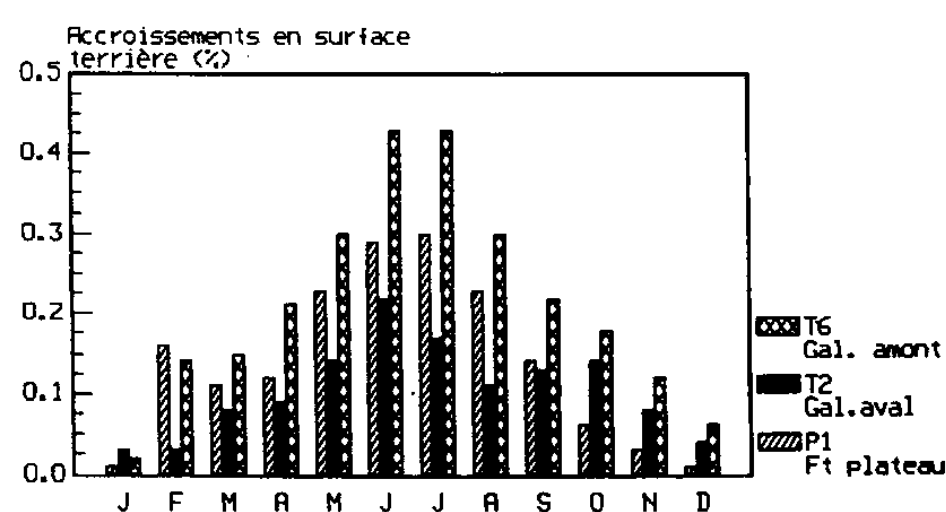


Fig. 2

Fig. 1. — Répartition mensuelle des précipitations (PP) et des évapotranspirations potentielles (ETP) moyennes à Lamto (1971-1981). Si PP est supérieur à ETP, la période est dite humide; si PP est compris entre ETP et ETP/2, la période est dite semi-humide; si PP est inférieure ou égale à ETP/2, la période est dite sèche.

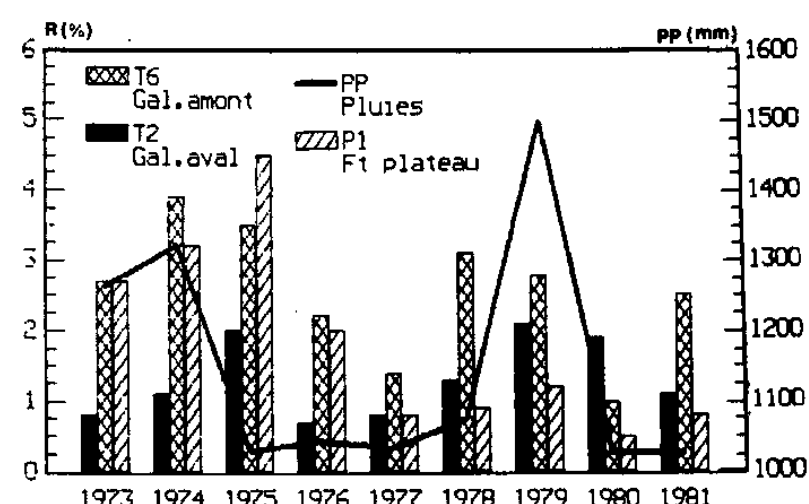
Fig. 1. — Monthly distribution of mean rainfall (PP) and potential evapotranspiration (ETP) at Lamto (1971-1981). If PP is greater than ETP: period is said moist; if PP is comprised between ETP and ETP/2: period is said semi-moist; if PP is less than ETP/2: period is said dry.

Fig. 2. — Répartition mensuelle des accroissements en surface terrière de trois peuplements forestiers à Lamto.

Fig. 2. — Monthly distribution of basal area increment for three forest stands in Lamto.

Fig. 3. — Précipitations et accroissements en surface terrière de trois peuplements forestiers au cours de 9 années successives à Lamto [gal. = forêt galerie (gallery forest); Ft. plateau = forêt de plateau ("plateau" forest)].

Fig. 3. — Annual rainfall and basal area increment of three forest stands during 9 years in Lamto.



(b) *Protocole expérimental.* — Des sept parcelles de 300 à 400 m<sup>2</sup> correspondant aux principaux faciès forestiers, quatre sont situées en forêt de plateau (P1, P3, P4, P5) et trois en galerie forestière (T2, T6, S4).

Les accroissements en circonférence ont été suivis grâce à des rubans dendromètres fixés à 1,30 m de hauteur sur le tronc de tous les arbres de plus de 20 cm de circonférence [4]. Au total la croissance de 161 arbres appartenant à 33 espèces a ainsi été étudiée.

Ces accroissements résultent de l'activité du cambium et de celle du phellogène, mais la mesure intègre aussi l'état de turgescence de l'ensemble des cellules du tronc. Des rétractions du tronc peuvent en effet survenir au cours de la saison sèche et masquer, au moins partiellement, la croissance. Pour pallier cet inconvénient les accroissements de surface terrière des peuplements ont été calculés à partir des courbes de croissance des surfaces terrières des différents individus établies en gardant, s'il y a rétraction, la valeur maximale enregistrée au cours des mois précédents.

A partir de ces observations plusieurs expressions ont été obtenues :

— la surface terrière des arbres de plus de 20 cm de circonférence pour l'année  $i$ ,

$$ST_i = STc_i + STe_{i-1 \rightarrow i}$$

où  $STc_i$  représente la surface terrière des arbres cerclés l'année  $i$  et  $STe_{i-1 \rightarrow i}$  la surface terrière des arbres entrés dans la classe 20 cm entre les années  $i-1$  et  $i$ ;

TABLEAU

Accroissements en surface terrière et principales caractéristiques des peuplements étudiés.  
*Basal area increment and main characteristics of the stands studied.*

Parcelle	Forêt galerie			Forêt de plateau			
	T 2	T 6	S 4 <sup>(a)</sup>	P 1 <sup>(b)</sup>	P 3	P 4	P 5
t. ....	9	9	4	9	6	4	4
STi (m <sup>2</sup> /ha). ....	17,4	17,6	8,1	—	18,7	13,9	27,4
STf (m <sup>2</sup> /ha). ....	17,0	20,9	12,5	—	19,4	15,5	28,2
L (%). ....	1,5	1,4	0,4	—	0,6	2,0	1,2
AN (m <sup>2</sup> /ha/an). ....	0,22	0,51	0,82	—	0,27	0,38	0,59
R (%). ....	1,3	2,6	8,0	1,8	1,4	2,6	2,1
CV (%). ....	42	36	21	76	44	34	11
R <sub>min</sub> (%). ....	0,7	1,0	5,7	0,5	0,4	1,3	1,8
R <sub>max</sub> (%). ....	2,1	3,9	10,4	4,5	2,4	3,5	2,4

<sup>(a)</sup> Jeune peuplement forestier en lisière forêt-savane protégée des feux depuis 15 ans (*Young forest stand on a forest-savanna boundary protected from fire for 15 years*).

<sup>(b)</sup> Arbres de la strate supérieure seulement (*Upper layer trees only*).

t : nombre d'années de mesure; *number of years of monitoring*; ST<sub>i</sub>, ST<sub>f</sub> : surface terrière au début et à la fin de l'expérience (arbres de plus de 20 cm de circonférence); *basal area at the beginning and at the end of the experimentation (trees over 20 cm girth)*; AN : accroissement net annuel; *net annual increment*; L : pertes de surface terrière dues à la mortalité; *losses of basal area due to mortality*; R : accroissement relatif; *relative growth rate*; CV : coefficient de variation de la moyenne des accroissements; *variation coefficient of the mean growth rate*; R<sub>min</sub>, R<sub>max</sub> : accroissements relatifs minimal et maximal observés; *minimum and maximum relative growth rates observed*.

— l'accroissement net annuel entre les années  $i-1$  et  $i$ ,

$$AN_{i-1 \rightarrow i} = ST_i - (ST_{i-1} - M_{i-1 \rightarrow i})$$

où  $M_{i-1 \rightarrow i}$  est la surface terrière des arbres morts entre les années  $i-1$  et  $i$ ;

— l'accroissement annuel relatif des arbres vivants l'année  $i$ ,

$$R = (AN_{i-1 \rightarrow i} / (ST_{i-1} - M_{i-1 \rightarrow i})) \times 100$$

— le taux de disparition de surface terrière dû à la mortalité,

$$L = (M_{i-1 \rightarrow i} / ST_{i-1}) \times 100.$$

III. RÉSULTATS. — (a) *Répartition saisonnière des accroissements*. — Les histogrammes des distributions mensuelles des accroissements en surface terrière des peuplements ont la même allure générale que les histogrammes des pluviosités; on y retrouve en particulier le maximum de juin et le minimum de janvier (fig. 1 et 2). L'affaîssement du mois d'août n'y apparaît en revanche généralement pas, ce qui confirme l'idée selon laquelle août n'est pas ici un mois biologiquement sec ([5], [6]).

(b) *Variabilité inter-annuelle*. — La production d'un même peuplement varie considérablement d'une année à l'autre : dans une galerie forestière (parcelle T 6) étudiée de 1972 à 1981, le plus faible accroissement est de 1 % en 1980 et le plus fort de 3,9 % en 1974 (fig. 3); ces valeurs correspondent à des accroissements absolus de 0,20 et 0,74 m<sup>2</sup>/ha/an, la moyenne durant ces 9 années étant de  $0,51 \pm 0,18$  m<sup>2</sup>/ha/an (tableau).

C'est sur la parcelle P 1, où seuls les arbres de la strate supérieure ont été étudiés, que l'amplitude de variation la plus grande a été observée, probablement parce que ces arbres sont soumis plus directement aux aléas climatiques : l'accroissement le plus faible, en 1980, y est de 0,5 %, le plus fort, en 1975, de 4,5 %.

Sur les autres parcelles l'écart entre les extrêmes est également important puisque les valeurs maximales observées sont jusqu'à cinq fois supérieures aux minimales (tableau).

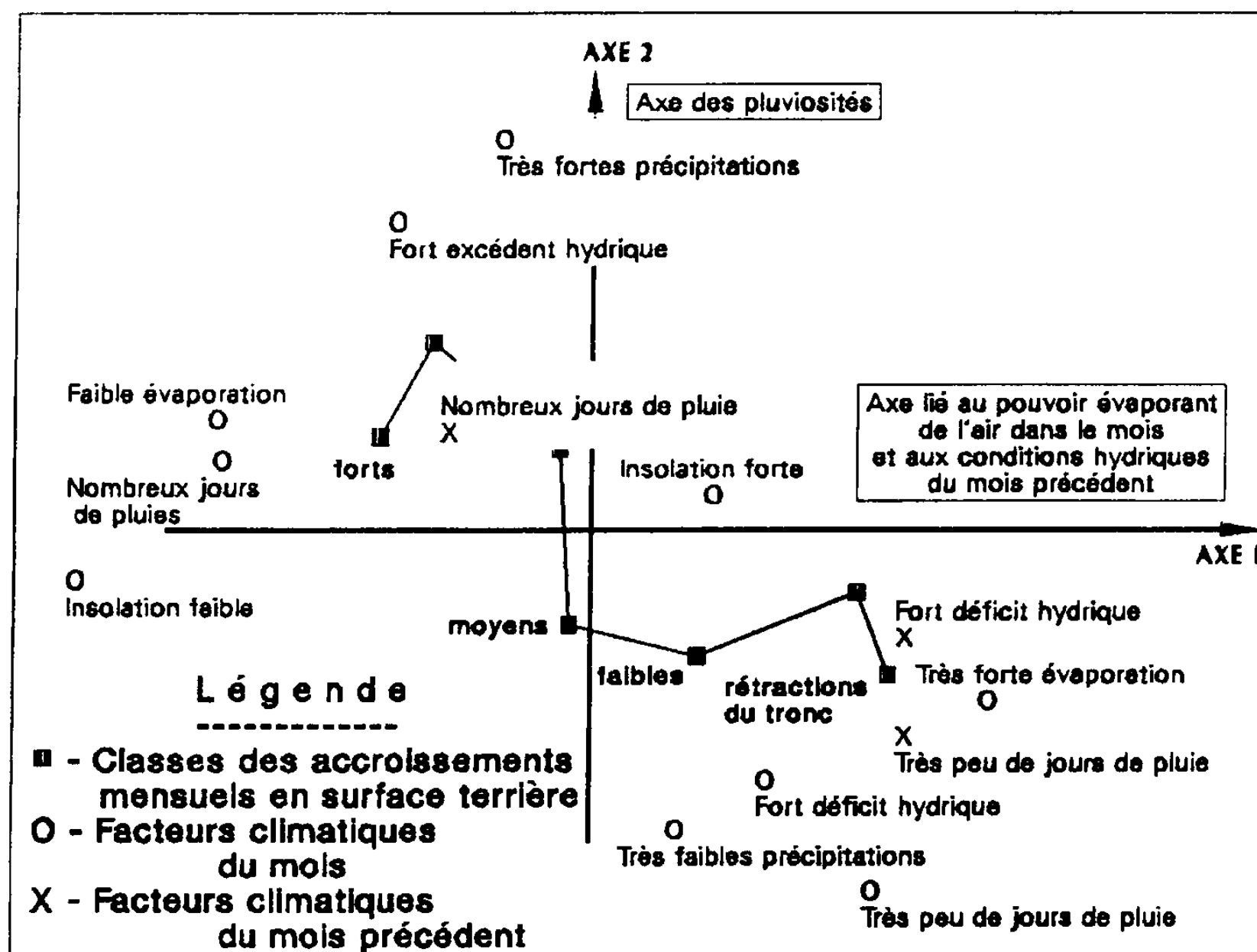


Fig. 4. — Principaux facteurs climatiques déterminant les accroissements en surface terrière d'un peuplement forestier à Lamto. La figure est une représentation simplifiée de la projection des principales variables dans le plan des axes 1 et 2 d'une analyse factorielle des correspondances multiples. L'infléchissement pour les fortes valeurs de la courbe reliant dans l'ordre les classes d'accroissement est très significatif de la compensation qui existe entre la pluviosité (axe 2) et les facteurs représentés par l'axe 1 (insolation, évaporation, nombre de jours de pluie, ...).

Fig. 4. — Main climatic factors governing basal area increment of a forest stand in Lamto. The figure is a simplified representation of main variables projection on the plane formed by axis 1 and 2 of a factorial analysis. The compensation between rainfall (axis 2) and the climatic factors determining axis 1 (sunlight duration, evaporation, number of rainy days, ...) is shown by the bending of the increments curve for high values.

(c) *Influence des facteurs climatiques.* — Pour les trois parcelles suivies pendant 9 années (T2, T6, P1), les corrélations entre pluviosité et accroissement annuel, respectivement de 0,232, 0,423 et 0,132, ne sont pas significatives (fig. 3). L'analyse montre en outre que les accroissements mensuels les plus forts ne correspondent pas aux plus fortes précipitations, mais qu'ils sont en revanche liés à une faible évaporation et à un large étalement des pluies dans le mois, ainsi qu'à l'excédent hydrique du mois précédent (fig. 4). Les fortes rétractions du tronc correspondent au contraire à une forte demande évaporatoire; elles sont d'autant plus accusées que les déficits hydriques du mois et du mois précédent sont importants.

(d) *Variabilité inter-faciès.* — La production varie largement en fonction des stades évolutifs des formations. Les accroissements passent en effet du simple au quadruple entre une forêt mature (T2 : 0,22 m<sup>2</sup>/ha/an) et un peuplement de reconstitution d'une lisière forestière protégée des feux de savane depuis une quinzaine d'années (S4 : 0,82 m<sup>2</sup>/ha/an). Dans un même îlot forestier, d'importantes différences existent entre les diverses phases sylvigénétiques : 0,27 m<sup>2</sup>/ha/an pour une phase mature (P3) et 0,59 m<sup>2</sup>/ha/an pour un stade de régénération (P5) (tableau).

Selon l'état de maturité de la forêt, le jeu de la croissance et de la mortalité peut se traduire par l'accroissement ou au contraire la stabilité dans le temps de la surface terrière.

Dans le cas de la parcelle T2, galerie forestière dont les caractéristiques architecturales et dendrométriques sont celles d'une formation mature [3], la surface terrière semble relativement stable et son taux annuel de renouvellement est estimé, au risque de 5 %, à  $1,3 \pm 0,3$  %.

Dans tous les autres peuplements étudiés la surface terrière a augmenté entre le début et la fin de l'expérience. Les accroissements relatifs annuels moyens y varient de 1,4 à 2,6 % et atteignent même 8 % dans un peuplement de reconstitution forestière (S4). Les pertes par mortalité, qui varient en moyenne de 0,4 à 2 % (tableau), surviennent de façon très irrégulière et leur importance dépend de la taille des individus morts.

DISCUSSION ET CONCLUSIONS. — Les accroissements annuels moyens en surface terrière observés à Lamto varient — si l'on excepte les peuplements récents de reconstitution forestière — de 0,22 à 0,59 m<sup>2</sup>/ha/an. Dans un peuplement en équilibre le taux annuel moyen de renouvellement de la surface terrière est de l'ordre de  $1,3 \pm 0,3$  %. Ces valeurs sont du même ordre de grandeur que celles observées dans d'autres forêts denses africaines sèches ou humides ([3], [7], [8]). Cette similitude de la production cambiale contraste avec la différence de la production foliaire entre les forêts sempervirentes humides et les forêts semi-décidues ou sèches ([3], [8] à [11]). Ces résultats sont cohérents avec la théorie de Jordan ([12], [13]) pour qui la production de bois reste constante alors que la production foliaire diminue des basses vers les hautes latitudes.

La variabilité inter-annuelle de la production de bois est cependant importante puisque le coefficient de variation va de 36 à 42 % sur les parcelles étudiées pendant 9 ans. Pour obtenir une précision de 10 % sur l'estimation de la moyenne, au risque de 5 %, 24 à 33 années de mesures seraient donc nécessaires !

Les accroissements ne peuvent par ailleurs pas être déduits des totaux pluviométriques annuels puisqu'ils ne leur sont pas directement liés. La répartition des pluies, le stock hydrique des sols ou encore le pouvoir évaporant de l'air sont en effet déterminants pour la production de bois au cours du cycle annuel.

L'âge des peuplements est une autre cause de variabilité qui rend délicate la comparaison des sites expérimentaux en forêt tropicale naturelle. Pour être valables les comparaisons doivent porter sur des peuplements d'âge connu, aux caractéristiques dynamiques définies, ou sur des peuplements en équilibre où les accroissements compensent les pertes par mortalité.

Note remise le 19 juin 1989, acceptée après révision le 8 août 1989.

#### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] P. S. ASHTON et coll. in *ORSTOM, UNESCO, Ecosystèmes forestiers d'Afrique*, 1983.
- [2] J. B. HALL, M. B. SWAINE, *Forest vegetation in Ghana* W. JUNK éd., La Haye-Boston-Londres, 1981, 383 p.
- [3] J. L. DEVINEAU, Structure et dynamique de quelques forêts tropicales de l'ouest africain, *Thèse d'État ès Sciences*, Université Paris-VI, 1984, 295 p.
- [4] F. G. LIMING, *J. Forestry*, 55, 1957, p. 575-577.
- [5] P. FORGE, *Ann. Univ. Abidjan*, E, 15, 1982, p. 7-25.
- [6] C. LECORDIER, *Bull. liaison chercheurs Lamto*, n° spécial, 1, 1974, p. 45-103.
- [7] A. HLADIK, *Acta Oecologica/Oecologia Generalis*, 3, (3), 1982, p. 373-392.
- [8] Ch. HUTTEL et F. BERNHARD-REVERSAT, *Terre et Vie*, 29, 1975, p. 203-228.
- [9] J. R. BRAY et E. GORGHAM, *Advances in Ecological Research*, 2, J. CRAGG éd., Academic Press, Londres, 1964, p. 101-157.
- [10] J. L. DEVINEAU, *Oecol. Plant.*, 11, 1976, p. 375-395.
- [11] J. L. DEVINEAU, *Ann. Univ. Abidjan*, E, 15, 1982, p. 27-62.
- [12] C. F. JORDAN, *Am. Sci.*, 59, 1971, p. 426-433.
- [13] C. F. JORDAN et P. G. MURPHY, *Am. Midl. Nat.*, 99, 1978, p. 415-434.